



Escuela Universitaria  
de **T u r i s m o**

---

**ALTAMIRA**

**GRADO EN TURISMO**

**Trabajo Fin de Grado**

**Curso académico 2019/2020**

**MARINA ABAURREA DUCAY**

**LA FOTOGRAMETRÍA APLICADA AL TURISMO.  
EL CASO: MUSEOS**

**PHOTOGRAMETHRY IN RELATION WITH TOURISM.  
STUDY CASE: MUSEUMS**

**DIRECTORA**

**María Cristina Torre Balseiro**



Escuela Universitaria  
de **T u r i s m o**

---

**ALTAMIRA**

# **GRADO EN TURISMO**

## **Trabajo Fin de Grado**

**Curso académico 2019/2020**

Fecha de entrega: 12/12/2019

---

**AUTORA: Marina Abaurrea Ducay**

**TÍTULO: La fotogrametría aplicada al turismo. El caso: Museos**

**DIRECTORA: María Cristina Torre Balseiro**

---

### **TRIBUNAL:**

**Nombre:**

**Firma:**

**Nombre:**

**Firma:**

*En Santander*

## RESUMEN

En el Trabajo Fin de Grado de la fotogrametría aplicada al turismo, más específicamente a la industria de los museos, nos remontamos a los orígenes de la técnica de la fotogrametría, estudiando su historia y profundizando en sus diferentes formas de aplicación en museos, desde sus inicios hasta hoy día.

Hablaremos de la virtualización e impresión en 3D de sus colecciones, de la Realidad Virtual y Aumentada y de las ventajas que disponer de estos recursos supone para museos y atracciones turísticas.

El objetivo principal de este trabajo es demostrar que la aplicación de la fotogrametría en los museos ayuda a su promoción e incrementa la difusión del patrimonio cultural, haciéndolo accesible para todos.

Para ello, compararemos la opinión experta sobre este tema de usuarios habituales de museos, con la opinión de un sector de la población que no visita museos habitualmente.

Finalizaremos proponiendo diferentes métodos de aplicación de la fotogrametría en la industria del arte y los museos para su promoción y expansión turística.

Escuela Universitaria  
de Turismo

ALTAMIRA

Palabras clave:

Fotogrametría, Museos, Virtualización 3D, Impresión 3D, Colecciones, Realidad Virtual, Realidad aumentada, Promoción, Difusión del Patrimonio Cultural, Accesibilidad.

## **ABSTRACT**

In this Final Degree Project about the application of photogrammetry in a touristic context, more specifically in museums, we will go back to the beginnings of the technique, studying its history and its different applications in museums since the beginning until nowadays.

We will talk about the 3D virtualization and 3D impression of objects from museum collections, about Virtual and Augmented reality and we will explain the advantages of having these resources available in museums and touristic attractions.

The main objective of this Project is to demonstrate that the application of photogrammetry in museums helps its promotion and increases the cultural diffusion, making it accessible to all.

In order to demonstrate the above, we will compare the expert opinion of regular museum visitors with the opinion of those who do not visit museums on a regular basis.

Finally, we will propose different applications of photogrammetry in the arts industry and museums for its promotion and touristic expansion.



Escuela Universitaria  
de **T u r i s m o**

**ALTAMIRA**

Keywords:

Photogrammetry, Museums, 3D Virtualization, 3D Impression, Collection, Virtual Reality, Augmented Reality, Promotion, Cultural diffusion, Accessibility.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
<b>ÍNDICE</b> .....	3
1-INTRODUCCIÓN .....	4
1.1- Finalidad .....	4
1.2- Objetivos .....	5
1.3- Marco teórico/ histórico.....	5
1.4- Metodología .....	10
2- LOS MUSEOS.....	11
2.1- Definición, importancia y funciones de los museos .....	11
2.2- Los museos más visitados del mundo y de España .....	13
2.3- Los museos en el marco económico del turismo en España.....	14
3- LA FOTOGRAMETRÍA .....	17
3.1- La técnica fotogramétrica para crear modelos 3D.....	17
3.2- La importancia de la digitalización del Patrimonio Cultural.....	18
3.3- La Fotogrametría en los museos. ....	22
3.4- La Fotogrametría en Museos de España. ....	23
3.5- Ejemplo de estudio: El Museo Arqueológico Nacional de España.....	24
4- ENCUESTA .....	27
4.1- Comparativa de la encuesta y análisis de datos obtenidos.....	29
5- CONCLUSIONES Y PROPUESTAS/RECOMENDACIONES.....	40
6- BIBLIOGRAFÍA.....	43
7- WEBGRAFÍA .....	44
8-ANEXOS .....	49
8.1- Anexo 1. Encuesta .....	49
8.2- Anexo 2. Imágenes y gráficos. ....	51

## 1-INTRODUCCIÓN

### 1.1- Finalidad

El tema elegido para el Trabajo Fin de Grado con el que concluyen mis estudios de Grado en Turismo tiene como objetivo evaluar la fotogrametría como herramienta aplicable a la promoción de museos. Gracias a los avances tecnológicos, hoy día mediante el uso de la fotogrametría, los museos pueden virtualizar sus colecciones e incluso imprimir réplicas de sus piezas en 3D. Así, pueden exponer sus colecciones en plataformas web o pantallas táctiles en sus inmediaciones, donde los interesados pueden ver las piezas individuales o incluso tours virtuales en 360° desde cualquier parte del mundo. Además, la fotogrametría puede ayudar a reconstruir patrimonio perdido, simplemente imprimiendo reconstrucciones en 3D realizadas mediante fotografías tomadas en el pasado.

Gracias a esta técnica innovadora, también expertos y estudiantes de arqueología, arte y del patrimonio en general, podrán realizar sus tareas y analizar reproducciones de piezas desde todos los ángulos y sin tener que desplazarse o ponerlas en peligro ya que no es necesario moverlas y manipularlas como se hacía antiguamente.

Haber trabajado en varios museos, galerías de arte y lugares de interés turístico del Reino Unido durante los últimos 12 años, ha sido factor fundamental para elegir el uso de la Fotogrametría en los museos, como tema a investigar para mi Trabajo Fin de Grado. Saber lo que las nuevas tecnologías brindarán al futuro de los museos y cuál será el potencial de éstas para hacer que el arte y la cultura sean totalmente accesibles para todos, desde cualquier lugar del mundo, me genera una gran inquietud e interés.

## 1.2- Objetivos

Los objetivos de este estudio pretenden:

- Estudiar en profundidad la técnica de la fotogrametría, su historia y sus usos en diferentes campos e industrias.
- Analizar de qué manera la fotogrametría es beneficiosa en el mundo de los museos y lugares de interés turístico.
- Recopilar información sobre el uso de la fotogrametría en museos nacionales e internacionales.
- Concluir si la fotogrametría crea oportunidades de promoción y crecimiento de negocio en museos y galerías.

## 1.3- Marco teórico/ histórico

La ASPRS<sup>1</sup>, define la fotogrametría como *" el arte, ciencia y tecnología para la obtención de medidas fiables de objetos físicos y su entorno, a través de grabación, medida e interpretación de imágenes y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos"*

De esta definición destacamos dos aspectos de importancia que son la necesidad de disponer de unas imágenes fotográficas, y su carácter cuantitativo que hace preciso que conozcamos las características geométricas de las mismas para su posterior reconstrucción.

La fotogrametría se basa en la visión estereoscópica artificial, que es la simulación del proceso que naturalmente hacen nuestros ojos para percibir una tercera dimensión. Se fundamenta en el examen de dos perspectivas de un mismo objeto, tomadas desde dos puntos de vista distintos, convenientemente colocados.

---

<sup>1</sup> Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS)

Según Konecny<sup>2</sup>, la historia de la fotogrametría se desarrolla en 4 etapas<sup>3</sup>:

- La Metro-fotografía: desde 1850 hasta 1900. Se inicia con la invención de la fotografía por Niepce<sup>4</sup> y Daguerre<sup>5</sup> en 1839 en Francia. El término Metro-fotografía fue ideado por el coronel francés Laussedat<sup>6</sup> hacia 1851; a quien se le considera el fundador de la Fotogrametría.
- Fotogrametría analógica: desde 1900 a 1960, se inicia con dos inventos importantísimos, por un lado, la estereoscopia dando origen a la estereofotogrametría y por otro, el invento de plataformas adecuadas para los sensores (cámaras) como los zeppelines y el aeroplano. Fue la utilizada en la primera parte del desarrollo de la fotogrametría. Se realiza mediante modelos matemáticos.
- Fotogrametría analítica: desde 1969 hasta 1980, es el ciclo iniciado por la aparición de las computadoras. Incorpora a la fotogrametría analógica la informática gracias al desarrollo de los ordenadores. Disminuye los tiempos y aumenta el detalle a varias escalas.
- Fotogrametría digital: desde 1980 hasta nuestros días, este ciclo surge con el desarrollo de la informática, los discos duros y las tarjetas gráficas. Sustituye a la imagen analógica y en la actualidad, convive con la analítica

ALTAMIRA

---

<sup>2</sup> Profesor M. Konecny (1981-1985) Director de Laboratorio de Geo-informática y Cartografía de la Universidad de Masaryk en Brno, Republica Checa.

<sup>3</sup> Apuntes. Facultad de Ingeniería Centro de Geociencias Aplicadas. Universidad Nacional Del Nordeste. Argentina. Cátedra: FOTOINTERPRETACIÓN

<sup>4</sup> Niépce, Nicéphore (1765-1833) Investor francés. Inventor de la fotografía.

<sup>5</sup> Daguerre, Lois (1787 – 1851) Artista y fotógrafo francés.

<sup>6</sup> Laussedat, Aimé (1819-1907) Científico y militar francés, considerado el padre de la fotogrametría.



Diferenciamos dos tipos de fotogrametría diferentes:

- Fotogrametría Terrestre: Se utiliza en arquitectura y arqueología. Las fotos se hacen desde tierra firme y la posición de la cámara es siempre estratégica, para obtener los resultados deseados.
- Fotogrametría Aérea: Las fotografías son tomadas desde el aire. La ubicación de la cámara en los aviones, cimas de montañas o satélites es también estratégica. Se utiliza para la creación de mapas en relieve. El ejemplo más claro hoy día es Google maps y Google Earth.

El método de reconstrucción de objetos o terreno mediante fotogrametría consiste en:

- Fotografiar los objetos: El primer paso es la planificación de las tomas de fotografías procediéndose después a la obtención de imágenes y el procesado de estas.
- Orientación de las imágenes: Colocación de los fotogramas en la posición adecuada en la misma posición que ocupaban entre ellos en el momento de las tomas.
- Formación del modelo para después aplicarle giros, traslación y escala.

Usos de la fotogrametría en diferentes industrias.

Las aplicaciones de la Fotogrametría son numerosas. Es una técnica ampliamente utilizada en muchas disciplinas como: Agronomía, Cartografía, Orto-fotografía, Arquitectura, Planeamiento y ordenación del territorio, Medio ambiente, Arqueología, Control de estructuras, Mediciones, Topografía, Biomecánica, Medicina, Ergonomía, Deporte, Investigación policial (reconstrucción de accidentes), Zoología y Ortofoto entre otras<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> <https://blog.tecnoceano.com/la-fotogrametria-y-sus-multiples-usos/>

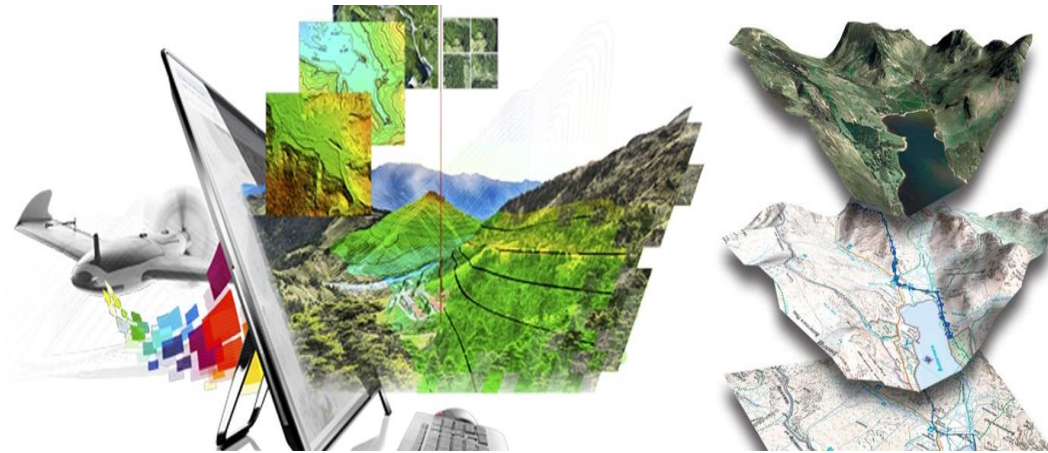


Ilustración 1- - La Fotogrametría por medio de drones se utiliza en Cartografía.

Fuente: Topland Topografía.



Ilustración 2- Medidas tomadas en un proyecto de Arquitectura utilizando la Fotogrametría.

Fuente: <http://topograficasegea.com/fotoescaneado/> (Consulta realizada el 7 de mayo de 2019).

Según confirma Néstor Marqués<sup>8</sup>, en las dos últimas décadas, la tecnología ha avanzado exponencialmente en el campo de la fotogrametría. En su entrevista de "La Ser Historia", el 21 de octubre de 2018, asegura que hoy día, cualquier persona que tenga acceso a internet (Google calcula que internet será accesible en el 100% de los países del mundo en 2020)<sup>9</sup>, con una simple cámara 3D (las cuales se comercializan desde €60) podrá digitalizar objetos en 3D mediante la técnica de la fotogrametría. Una vez se tiene el objeto en 3D, si se quiere recrear la réplica perfecta del objeto, solo se necesita una impresora 3D. Marqués, asegura que estas impresoras se comercializan desde tan solo €200-€300 y son muy fáciles de utilizar. Él mismo ha estado envuelto en proyectos donde ha realizado réplicas de varios metros de altura, tan solo imprimiendo el objeto por partes y reconstruyéndolo.

La mayoría de los museos y galerías del mundo ya se están dedicando a digitalizar sus colecciones. Esto puede ayudarles a promocionarse, pero también a conservar sus piezas. Las colecciones digitales se hacen accesibles normalmente en los museos mediante pantallas táctiles, en las páginas web de los propios museos o en plataformas virtuales como Sketchfab. Esta página web es el líder mundial de vista y compraventa de modelos 3D por excelencia. El acceso es gratuito y muestra objetos en 3D con una vista giratoria de 360 grados, lo cual permite estudiar las obras elegidas desde todos sus ángulos. La calidad de la imagen de estas obras en 3D es excepcional al utilizar siempre alta definición. Esto, junto con la opción de agrandar la imagen permite ver todos los detalles sin ningún tipo de problema. Ejemplos de museos que ya exponen objetos en Sketchfab son el Museo Arqueológico Nacional de España, St Clement de Taull, la Catedral de Segovia, el Museo Británico y la Galería Nacional de Londres, entre muchos otros.

Otros museos e instituciones culturales utilizan también la fotogrametría en diferentes formas. Véase por ejemplo el Vilamuseu en Vila Joyosa, Alicante, que ya está albergado exposiciones con replicas impresas en 3D, donde los visitantes pueden tocar todo tipo de objetos, perfectamente copiados de los originales y disfrutar de una experiencia única de lo más in-

---

<sup>8</sup> Marqués, Néstor F. Arqueólogo, especialista en tecnología aplicada al patrimonio, docente y divulgador cultural

<sup>9</sup> "Knowmad" 2017. Raquel Roca.

teractiva o la Parroquia Museo de San Nicolás de Valencia, la Comarca de Cazorla o “Visita Londres” que ya disponen incluso de tours virtuales en las redes.

#### 1.4- Metodología

La metodología utilizada para responder a las cuestiones que este trabajo plantea se ha realizado mediante fuentes mayormente secundarias, haciendo uso de documentos de investigación ya existentes como otros trabajos de investigación sobre el tema, artículos en blogs de expertos o en la red y libros de investigación.

Las fuentes primarias utilizadas han sido principalmente plataformas como Sketchfab, descrita anteriormente, en las cuales se ha podido llegar a entender en primera persona, como espectador, las ventajas de poder por ejemplo analizar en detalle replicas en 3D desde la pantalla del ordenador.

El trabajo de campo, como fuente primaria también, consiste en una encuesta realizada a una muestra concreta de 24 personas, 12 de ellos visitantes regulares de museos y galerías y expertos en la materia, en contraste con otras 12 personas, no visitantes regulares de museos y no expertos en las artes. Se les ha hecho llegar vía email, 3 enlaces de 3 modelos 3D a 360 grados de Sketchfab, seguido de una encuesta de 10 preguntas a responder.

Como fuente primaria cabe mencionar también la comunicación vía Email que se ha mantenido durante el periodo de creación de este estudio con expertos como Néstor Marqués; arqueólogo virtual, Thomas Flynn; empleado de Sketchfab, y personal del departamento Digital de varios Museos.

Además, como fuente primaria también se puede mencionar la experiencia adquirida durante la realización de mis estudios de Grado de Turismo, las prácticas realizadas en este último y los 12 años de trabajo realizado para diferentes museos, galerías de arte y sitios históricos en el Reino Unido. Todo lo anterior se puede decir que añade valor y conocimiento a determinadas áreas de este análisis.

## 2- LOS MUSEOS

### 2.1- Definición, importancia y funciones de los museos

*"Del latín *musēum*, un museo es un lugar donde se guardan y exhiben colecciones de objetos de interés artístico, cultural, científico, histórico, etc. Suelen ser gestionados por instituciones públicas o privadas, con ánimo de lucro o sin él. En cualquier caso, los museos se dedican a investigar, conservar y exponer colecciones con valor cultural"*<sup>10</sup>.

En la antigüedad, este tipo de colecciones se guardaban en templos y sólo eran exhibidas en ocasiones especiales, aunque también existían colecciones privadas, sobre todo en manos de la aristocracia, que las exponía en sus jardines o residencias para que fuesen apreciadas por sus invitados.

El Museo que conocemos en la actualidad, data del Renacimiento<sup>11</sup>. Cuenta con una plantilla de profesionales, formada por curadores, restauradores, analistas y personal de seguridad, entre otros.

Un museo se diferencia de una galería de arte, en que estas últimas albergan obras de grandes autores o que pertenecen a un período específico de la historia artística. En cambio, los museos pueden también ser de ciencia, arqueológicos, de arte, de transporte, de historia, tecnológicos y especializados.

Además de contar con un espacio físico fijo para sus colecciones permanentes, algunos museos realizan exposiciones itinerantes: de este modo, llevan sus obras a distintas partes del mundo y amplían su público, llegando a ser accesibles a mucha más gente, la cual puede que nunca hubiese podido desplazarse a ver sus obras.

Para estos mismos amantes del arte y la cultura, que tengan problemas de movilidad, bien sea motivos económicos como físicos, los Museos Virtuales, gracias a la fotogrametría, proporcionan un acceso total. Se conoce como museo virtual a un museo que realiza exposiciones mediante medios digitales. De este modo, una página web, un CD-ROM o un DVD pueden albergar obras digitalizadas para que sean disfrutadas por la sociedad desde cualquier lugar.

---

<sup>10</sup> <https://definicion.de/museo/>

<sup>11</sup> Movimiento cultural surgido en Europa en el siglo XIX

La seguridad juega un papel muy importante en los museos, dado el valor de las obras que conservan en su interior. Los museos suelen contar con circuitos cerrados de televisión, alarmas de distintos tipos y vitrinas para proteger los objetos. Una de las grandes ventajas de la fotogrametría, es permitirnos ver obras expuestas normalmente en vitrinas a 360 grados, en su totalidad, cosa imposible desde un cristal.

Visitar museos resulta realmente importante debido a que a través de estas interacciones se está en contacto con las distintas culturas que existen, la historia de cada rincón del mundo y también con lo que somos como seres civilizados que pueden comunicarse hablando y a través de manifestaciones artísticas.

La importancia de visitar museos radica principalmente en que son centros desarrollados y dedicados al servicio de la sociedad y su crecimiento, por tanto, no sólo entretienen, sino que incrementan la educación y cultura de sus visitantes, aportándoles grandes datos acerca de lo que ha sido la evolución de la humanidad en diferentes aspectos.

El conocer la historia de otros pueblos, comprender más la evolución del hombre y el desarrollo de la sociedad son parte de la importancia de visitar museos. Su existencia es esencial para preservar el conocimiento del ser humano a todos los niveles. Sin ellos nos sería imposible entender cómo hemos llegado al nivel tecnológico, artístico y cultural actual, así como el desarrollo del ser humano desde el punto de vista físico.

Cuando un país se ocupa y preocupa de tener y mantener esos espacios, hablamos de una nación a la que le importa el conocimiento, a la que le importa la cultura de sus habitantes y, sobre todo, le interesa conocer su pasado, su presente y como todo este bagaje cultural influye en el futuro.

Desde el año 1977 se conmemora el 18 de mayo el Día Internacional de los Museos. De América a Oceanía, pasando por Europa, Asia y África, este evento ha conseguido que más de 120 países se sumen a la causa y participen cerca de 30.000 museos diferentes en todo el mundo. Esta fecha se ha convertido así en una oportunidad para promocionar historia, arte y cultura y estrechar lazos entre sociedades.

Más que leer un libro de historia, arte o ciencia, interactuar con los trabajos de un museo ayuda en los procesos de aprendizaje. Por este motivo, cuanto más se interactúe con las obras de arte y objetos de un museo, más se aprende, ya que como decía Kant<sup>12</sup> *"Aquello que se aprende más sólidamente y que se recuerda mejor, es aquello que se aprende por sí mismo"*<sup>13</sup>. Tener disponibles réplicas en 3D creadas mediante técnicas fotogramétricas, ya sea para ver, en formato de realidad virtual o para tocar y manipular, es de gran ayuda para la visita de museos, especialmente para aquellos con discapacidades visuales en el caso de réplicas impresas en 3D. Cuantas más herramientas se tengan a la hora de la educación y el aprendizaje mucho mejor y más fácil tanto para los adultos que enseñan como para aquellos alumnos que aprenden, tengan la edad que tengan.

## 2.2- Los museos más visitados del mundo y de España

La prestigiosa publicación "The Art Newspaper"<sup>14</sup> elabora anualmente una lista con el registro de los 100 museos más visitados del mundo. De entre los seleccionados, el país con el mayor número de museos populares es Estados Unidos, con un total de 18. No obstante, la ciudad con mayor afluencia de visitas a museos es Londres, con un total de 10.

Los 10 museos más visitados del mundo en 2017 según el medio mencionado anteriormente son:

- 1- Museo del Louvre (Francia)
- 2- Museo Metropolitano de Arte (EE. UU.)
- 3- Museo Británico (Reino Unido)
- 4- National Gallery (Reino Unido)
- 5- Museo Nacional del Palacio (Taiwán)
- 6- Museos Vaticanos (Ciudad del Vaticano)
- 7- Tate Modern (Reino Unido)
- 8- National Gallery of Art (EE. UU.)

---

<sup>12</sup> Filósofo prusiano 1824-1804

<sup>13</sup> <http://peremarques.net/actodidaprende3.htm>

<sup>14</sup> The Art Newspaper: publicación mensual fundada en 1990 con sede en Londres y Nueva York.



9- Museo del Hermitage (Rusia)

10- Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía (España)

Según la web de "La Cope"<sup>15</sup> los 8 museos más visitados de España en 2017 fueron:

1- Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofia (Madrid).

2- Museo Nacional del Prado (Madrid)

3- Museo Guggenheim (Bilbao)

4- Camp Nou Experience (Barcelona)

5- Teatro-Museo Dalí (Figueres, Girona)

6- Tour del Bernabéu (Madrid)

7- Museu Picasso (Barcelona)

8- Museo Thyssen – Bornemisza (Madrid)

### 2.3- Los museos en el marco económico del turismo en España

Como afirma la Agencia EFE<sup>16</sup>, el Turismo en España supuso en 2017 el 14,9 % del Producto Interior Bruto (PIB), según el informe anual del Consejo Mundial de Viajes y Turismo (WTTC, por sus siglas en inglés) del cual el Turismo Cultural conforma el 37%.

El servicio que realizan los museos está principalmente relacionado con la conservación y la revalorización del patrimonio cultural, pero también puede acometer otras tareas, objetivos y acciones. Muchos museos, por si mismos, son destinos turísticos importantes y, por lo tanto, proporcionan actividad económica relacionada con la industria del turismo y el comercio minorista. Para muchos turistas, los museos son las atracciones más importantes y, sin ellos, más de un viaje no se llevaría a cabo, o sería más corto, por lo tanto, los museos juegan un papel relevante en el aumento de la cuota del turismo e influyen positivamente en esta in-

---

<sup>15</sup> LA COPE: Cadena de Ondas Populares Españolas. Cadena de Radio Española, generalista y de ámbito nacional.

<sup>16</sup> EFE. Agencia de noticias internación fundada en España en 1939.



dustria en sus ámbitos de origen, formando parte del impacto económico de una manera directa<sup>17</sup>

A pesar de lo anterior, según redacta el diario "El Mundo"<sup>18</sup>, solo un Museo es rentable en España, el Teatro-Museo Dalí. Con unos beneficios de 4 millones de Euros, la gestión del Museo del artista del surrealismo corresponde a la Fundación Salvador Dalí-Gala. Su gerente, Joan Manuel Sevillano, destaca «la total independencia financiera de la institución», que en 2014 no recibió ningún tipo de subvención pública. También subraya el buen hacer de la Fundación, ya que «la cultura bien gestionada genera riqueza tanto espiritual como material».

Las instituciones reciben ayudas del Estado -cada vez más limitadas-, pero en España los museos, no son gratuitos. Los españoles sufragan la apertura de sus museos, primero, con sus impuestos y, luego, con sus ahorros si quieren visitarlos. Los gobiernos han ido recortando ayudas a los museos de tal manera, que éstos sólo han encontrado solución a la grave situación disparando los precios en la taquilla. La consecuencia inmediata es que el segmento de público familiar no está tan representado como cabría esperar y no acude al museo con la afluencia que los propios museos desean. La comparativa entre la National Gallery de Londres y el Prado en Madrid -los más similares- desvela que el museo londinense está mucho más protegido por la voluntad política británica, que el español por el actual Gobierno. La inversión del Reino Unido en sus museos es el doble de lo invertido por el Ministerio de Educación, Cultura y Deportes de España. De esta manera, un museo como el Prado está obligada a generar ingresos propios lo suficientemente abundantes como para cubrir el déficit generado por la fuga de ayudas públicas y esto se consigue solo doblando los precios en la taquilla. Pero es que, además, la conciencia social que existe en el Reino Unido sobre la protección de sus museos genera unos ingresos absolutamente inéditos en España. La National Gallery recibió 13,8 millones de euros en donaciones y 3,4 millones de euros en donativos, en 2016. El Museo del Prado, tan solo generó 1,2 millones de euros en donaciones y donativos ese mismo año. Resumiendo lo anterior, se puede afirmar que la fórmula del mu-

---

<sup>17</sup> <https://evemuseografia.com/page/150/?wref=pil>

<sup>18</sup> Diario El Mundo. Artículo del 15 de octubre 2015 de Aitana Constans.

seo gratuito (generosidad y acceso a todos) se compone de: más dinero público, más dinero privado y una mayor independencia política.<sup>19</sup>



---

<sup>19</sup> Peio H. Riaño. Artículo "¿Por qué los museos de Reino Unido son gratis y aquí cada vez más caros?" Diario el Español. 3 de septiembre de 2017

### 3- LA FOTOGRAMETRÍA

#### 3.1- La técnica fotogramétrica para crear modelos 3D.

Según describe Alex Barberá<sup>20</sup> la fotogrametría consiste en la elaboración de modelos 3D a partir de fotografías. Las fotografías son la materia prima y por tanto lo más importante es el proceso de realización de dichas fotografías. También hay que prestar atención al espacio o plató donde haremos las fotografías. Es necesario un entorno diáfano, con iluminación neutra y que ofrezca la posibilidad de fotografiar el objeto en 360° a diferentes alturas para registrar todos sus puntos. Una vez hayamos hecho lo anterior, podemos descargar las imágenes jpg al ordenador y cargarlas al programa que vayamos a utilizar, por ejemplo, Photoscan<sup>21</sup>. Este sería el momento de hacer máscaras si necesitamos eliminar ángulos desenfocados o el fondo de la imagen, por ejemplo. Después, se pasa al proceso de orientación de las imágenes. El programa busca de manera automática puntos homólogos entre cada una de las fotografías y calcula el punto en el espacio donde se tomaron esas fotografías. Así se obtiene la nube de puntos dispersa, primera aproximación a lo que el modelo tridimensional será.



Ilustración 3- De Izquierda a derecha, proceso elaboración modelo 3D fotogramétrico.

Fuente: MOØKAN: Empresa que se dedica a crear réplicas de objetos y espacios en 3D.

---

<sup>20</sup> Barberá, Alex. Conservador- Restaurador de bienes culturales. Canal "Patrimonio" de YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=VMTIs0XinAQ>

<sup>21</sup> Programa de digitalización 3D

Tras esto, hay que densificar esta nube de puntos y crear la nube de puntos densa que resulta de unir los puntos en triángulos para obtener una malla de lo que será la superficie del objeto. El último paso será crear la textura para dar una superficie fotorrealista.

### 3.2- La importancia de la digitalización del Patrimonio Cultural.

La UNESCO<sup>22</sup> dice que por patrimonio cultural se entienden: i) los monumentos: obras arquitectónicas, de escultura o de pintura monumentales, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de elementos, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia; ii) los conjuntos: grupos de construcciones, aisladas o reunidas, cuya arquitectura, unidad e integración en el paisaje les dé un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia; iii) los lugares: obras del hombre u obras conjuntas del hombre y la naturaleza, así como las zonas, incluidos los lugares arqueológicos, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista histórico, estético, etnológico o antropológico.

En 2003, la UNESCO aprueba la "Carta sobre la preservación del patrimonio digital" en la cual dice que: El patrimonio digital consiste en recursos únicos que son frutos del saber o la expresión de los seres humanos y que éstos pueden ser en formato digital o se convierten a éste a partir de material analógico ya existente.

El Centro de Documentación Digital e Investigación del Camino de Santiago, asegura que las ventajas de la digitalización del patrimonio cultural por medio de la fotogrametría son:

- El trabajo colaborativo: permite el trabajo colaborativo en red.
- La accesibilidad: permite el acceso a la información sin importar las distancias físicas o las fronteras territoriales
- La conservación del patrimonio: permite su acceso sin manipulación de los originales.
- La preservación de la información contenida en los documentos originales: en caso de desastre o sustracción.

---

<sup>22</sup> La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

- El impacto en el mercado laboral: facilitar el acceso a la cultura significa una mayor inclusión social y profesional.

La Comisión Europea comenzó el proyecto "Europeana", biblioteca digital europea de acceso libre, en 2005 después de que, en el año 2000, iniciara la digitalización y diera acceso online de diverso material cultural. El primer prototipo comenzó a funcionar el 20 de noviembre de 2008 y reúne contribuciones ya digitalizadas de reconocidas instituciones culturales de los 28 Estados miembros de la Unión Europea. Sus fondos incluyen libros, películas, pinturas, periódicos, archivos sonoros, mapas, manuscritos y otros archivos. La Unión Europea destinó al proyecto unos dos millones de euros anuales entre 2009 y 2011. "Europeana" ha quedado abierta al público en la dirección [www.europeana.eu](http://www.europeana.eu), poniendo al alcance de los internautas más de dos millones de libros, mapas, grabaciones, fotografías, documentos de archivo, cuadros y películas procedentes de bibliotecas nacionales y de instituciones culturales de todos los estados miembros de la UE. El portal web es consultable en 23 lenguas, entre ellas el catalán. Más de mil organizaciones culturales europeas han aportado material, entre ellas museos como el Louvre de París o el Rijksmuseum de Ámsterdam y la Biblioteca de Catalunya<sup>23</sup>

Por su parte, "Hispana" es el portal de acceso al patrimonio digital y el agregador nacional de contenidos a Europeana. Hispana reúne las colecciones digitales de archivos, bibliotecas y museos españoles<sup>24</sup>.

Cabe mencionar también la página web CER.ES (Colecciones en Red) que es la Red Digital de Colecciones de los Museos de España. Se define a sí mismo como *"el catálogo colectivo en línea, que reúne información e imágenes de una importante selección de los bienes culturales que forman las colecciones de todos los museos integrantes de la Red Digital de Colecciones de Museos de España. CER.ES permite realizar búsquedas generales y avanzadas en todos los museos o en una selección realizada por el usuario. Es posible consultar en el catálogo de cada uno de los museos o en una o varias agrupaciones por tipología de museo, ubicación geográfica o titularidad"*.

---

<sup>23</sup> Diario la Vanguardia. Artículo *"Europeana" la Gran Biblioteca Digital europea*.

<https://www.lavanguardia.com/cultura/20081119/53581942519/nace-europeana-la-gran-biblioteca-digital-europea.html>

<sup>24</sup> Página web de "Hispana" del Ministerio de Cultura y Deporte del Gobierno de España.



Ilustración 4- Pagina Web oficial del CER.ES.

Fuente: Pagina Web CERES.

Por el momento estas plataformas tienden a poseer las colecciones en 2D, aunque los objetos sean tridimensionales, se representan por medio de fotografías solamente. A pesar de que la fotogrametría está avanzando mucho en los últimos años, todavía no se aprecian gran cantidad de objetos en 3D en ninguna de las tres plataformas oficiales mencionadas anteriormente.

Como ya hemos mencionado con anterioridad, la plataforma por excelencia del modelado en 3D es Sketchfab. Aquí sí que se trata de la digitalización del patrimonio en 3D y es cuando la fotogrametría cobra vital importancia. Los objetos más comunes de recrear por medio de la fotogrametría son las esculturas, los edificios, los espacios interiores o exteriores, como los yacimientos arqueológicos, monumentos, etc.





Ilustración 5- Primera moneda de Segovia en 3D, creada por Néstor F. Marqués Arqueólogo, especialista en tecnología aplicada al patrimonio

Fuente: Sketchfab



Ilustración 6- Castillo de Loarre (Huesca) en 3D.

Fuente: Sketchfab

### 3.3- La Fotogrametría en los museos.

Los propósitos del uso de la fotogrametría en los Museos del mundo hoy día son varios. Destacan:

- La Difusión del patrimonio
- La Accesibilidad
- La Conservación

Mediante el uso de la fotogrametría en los museos se consigue:

- **Crear imágenes giratorias (360°) en 3D:** se presentan desde la pantalla táctil de un ordenador o dispositivo móvil. Se pueden ver en pantallas localizadas en lugares estratégicos de los museos o desde casa en dispositivos propios. Los museos pueden poseer estos recursos en sus páginas web, aunque también encontramos este tipo de recurso en plataformas como Sketchfab, Europeana o Hispana (mencionadas anteriormente).
- **Crear réplicas exactas de obras impresas en 3D para que puedan ser manipuladas por los visitantes.** Se exponen normalmente en los museos para que los visitantes las puedan tocar y hacer la experiencia más interactiva. Especialmente indicado para visitantes con discapacidades visuales.
- **Proporcionar visitas virtuales:** creadas por los Museos y expuestas generalmente en sus páginas web para ser vistas desde el ordenador en casa. Pueden servir para planear una visita de antemano pero también como única visita para personas que no puedan acceder al museo.
- **Producir Experiencias de Realidad Virtual o Realidad Aumentada:** Creadas para ser vistas en los Museos normalmente teniendo que ser utilizados cascos de realidad Virtual que los Museos proveen. Cada vez se explora más esta opción con el afán de hacer los museos espacios de interacción donde aprender sea divertido.
- **Recrear y almacenar copias exactas de las piezas originales de gran valor,** utilizando escáneres fotogramétricos para preservar las obras en caso de pérdida o daño causado por catástrofes naturales, incendios, robos, etc.



### 3.4- La Fotogrametría en Museos de España.

Podemos afirmar que un gran número de museos españoles, especialmente aquellos que albergan colecciones de tipo arqueológico y objetos tridimensionales, ya exponen sus obras creadas en 3D por medio de la fotogrametría en la plataforma Sketchfab. Son muchos los ejemplos, pero mencionamos solo algunos de ellos como: el Museo de Arte Sacro de Mallorca, el Castillo de Alaquàs, el Museo de Numancia, el Museo Arqueológico Nacional de España, el Museo de Arte Africano Arellano Alonso de Valladolid, El Museu d'arqueologia de Catalunya, El Museo Canario o el Museo del Mar de Galicia, entre otros.

Indagando en las páginas web de los museos más importantes de España, se puede comprobar como la fotogrametría se está poco a poco abriendo camino en sus sitios web también. Museos como el Museo Arqueológico de España, el Museo Thyssen, el Museo Sorolla o el Museo de Bellas Artes de Bilbao ya disponen de Visitas Virtuales en 360º.

También, algunos de ellos, han incorporado técnicas fotogramétricas para hacer réplicas exactas de sus obras más valiosas. En este contexto, cabe mencionar al Museo del Prado, que posee réplicas exactas de obras de sus artistas más importantes como Goya y Rafael. El Museo afirma que, si una de estas obras se quemara, la pérdida sería incalculable, por eso han sometido a escáner 3D sus obras más importantes. Han utilizado un escáner en 3D para registrar formas, texturas y colores mediante la fotogrametría y con una impresora 3D han generado réplicas exactas<sup>25</sup>.

Los museos más innovadores ya han incluso instaurado experiencias de Realidad Virtual para que sus visitantes se sumerjan e interactúen en el mundo de la historia y del arte. Como ejemplos mencionamos al Museo Thyssen o el Museo Arqueológico de España, del que hablaremos en profundidad en el siguiente punto.

---

<sup>25</sup> LaSexta.com | Madrid | 08/09/2018

[https://www.lasexta.com/noticias/cultura/borrador-los-museos-de-espana-explican-algunas-formas-para-recuperar-la-historia-de-las-obras-maestras-perdidas\\_201809085b93fd3a0cf220c8011eb687.html](https://www.lasexta.com/noticias/cultura/borrador-los-museos-de-espana-explican-algunas-formas-para-recuperar-la-historia-de-las-obras-maestras-perdidas_201809085b93fd3a0cf220c8011eb687.html)

### 3.5- Ejemplo de estudio: El Museo Arqueológico Nacional de España.

El Museo Arqueológico Nacional de España, localizado en Madrid, es un buen ejemplo para estudiar cómo los museos de España están utilizando la Fotogrametría para su promoción y para la difusión del patrimonio cultural en general.

Además de tener más de 30 de sus piezas digitalizadas en 3D expuestas para su observación gratuita en Sketchfab, el Museo Arqueológico Nacional de España (MAN) ofrece la visita virtual de su colección<sup>26</sup> accesible desde su página web.

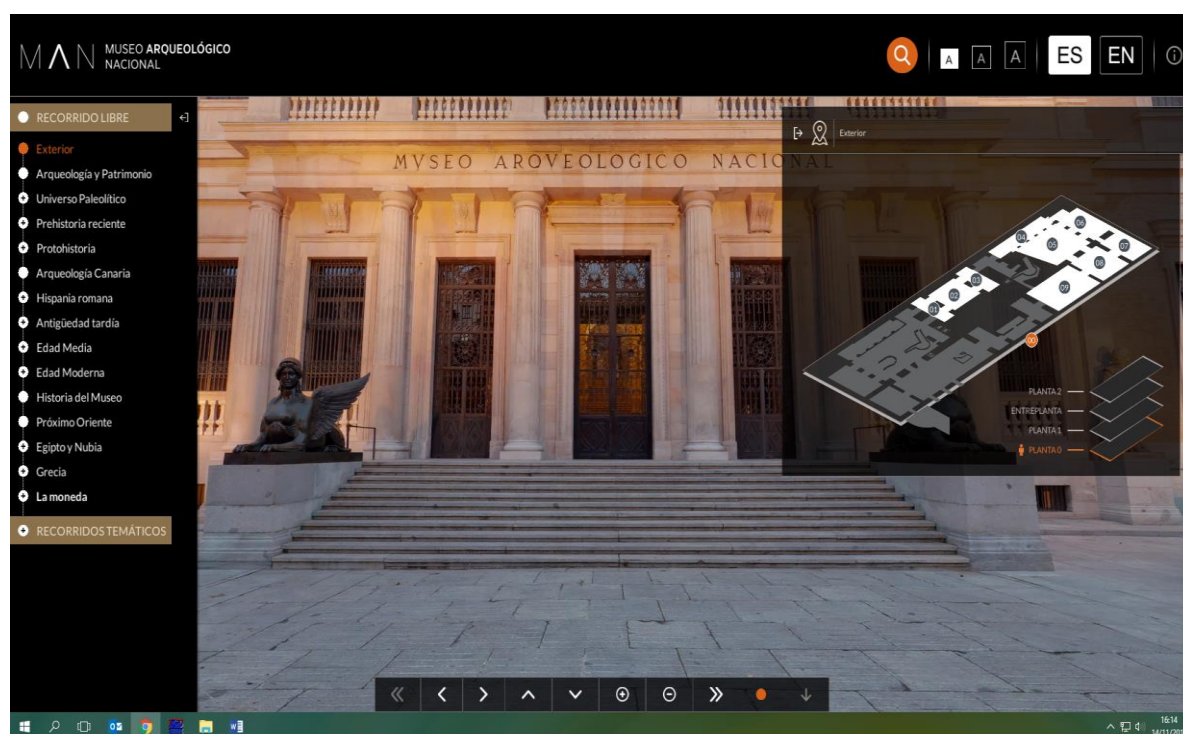


Ilustración 7- Vista de la página web del Tour virtual del MAN.

Fuente: Web oficial del Museo Arqueológico Nacional de España

Esta visita es muy inmersiva y realista, capaz de hacer que el usuario pasee por las salas del museo tal y como lo haría si estuviera físicamente en él. La imagen es nítida y posee la capacidad de agrandar la imagen de forma que se pueden leer los paneles explicativos donde se halla la información sobre las obras, además de agrandar los objetos para verlos con mayor detalle.

<sup>26</sup> <https://manvisitavirtual.com/>

Pero lo más novedoso y también creado mediante técnicas fotogramétricas en el Museo Arqueológico Nacional de España, fue el tour de Realidad Virtual “Vivir el pasado”, lanzado el 8 de mayo de 2017 y clausurado en marzo de 2019. Según nos ha confirmado el Museo Arqueológico Nacional, el tour fue disfrutado por 96.856 visitantes, en su entera duración de casi dos años<sup>27</sup>.

Andrés Carretero, director del MAN, menciona como en 2016, Samsung<sup>28</sup> les propuso colaborar con ellos en un proyecto de Realidad Virtual con el objetivo de acercar el museo a más público y hacer la visita más interactiva e interesante. En tan solo 6 meses crearon una aplicación de Realidad Virtual mediante técnicas de fotogrametría y programación, en la cual se recrean 5 escenarios de épocas pasadas diferentes, con base estrictamente científica<sup>29</sup>

Para disfrutar del tour los usuarios deben ponerse gafas de Realidad Virtual (en este caso las Gear VR de la marca Samsung). Una vez puestas las gafas, la visita comienza, siendo guiada por una actriz virtual la cual va explicando y contextualizando lo que el visitante ve. En la Visita Virtual se observan objetos cotidianos de la época, los cuales verán después expuestos en la colección del museo.



Ilustración 8- Momento en “Vivir el pasado” Tour de Realidad Virtual del MAN.

Fuente: Web RTVE Noticias

---

<sup>27</sup> Información tomada de emails que la autora ha intercambiado personalmente con el Museo Arqueológico Nacional.

<sup>28</sup> Grupo empresarial surcoreano, con numerosas filiales que abarcan negocios como la electrónica de consumo, tecnología, finanzas, aseguradoras, construcción, biotecnología y sector servicios.

<sup>29</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=1oTSLZhJmzg>

Las cinco partes de la experiencia de realidad Virtual son:

1. La Prehistoria: Recrea una cueva.
2. Protohistoria: Recrea un poblado.
3. Hispania Romana: Recrea el foro y un patio romano.
4. Edad Media: Recrea mercado de la época Califal.
5. Edad Moderna/ Edad de Oro: Recrea una casa de aquella época.

Según afirma Magoga Piñas, directora del Proyecto, en la entrevista que concedió a El Imparcial<sup>30</sup> el 10 de mayo de 2017, el tour está disponible en español e inglés, y su propósito es que la cultura sea divertida mediante el uso de la tecnología y que de esta manera despierte interés en la gente para aprender más sobre nuestra Historia.



---

<sup>30</sup> Canal del periódico [www.elimparcial.es](http://www.elimparcial.es) de información nacional, cultural, económica y deportiva.

## 4- ENCUESTA

### **“La Fotogrametría utilizada para la promoción de Museos”**

Con esta encuesta analizamos si, visualizar objetos en 3D creados mediante la técnica de la Fotogrametría desde la pantalla de un ordenador, despierta interés para aprender y disfrutar del arte en la población y consecuentemente si puede ser utilizada para la promoción de museos y del patrimonio cultural.

En un principio la idea era realizar esta encuesta incluyendo solamente en la muestra a visitantes habituales de museos. Tras exponer el objeto de la encuesta a mi directora de trabajo, pensamos que podría ser muy interesante contrarrestar la opinión experta de visitantes habituales con la de personas que, por diversos motivos no visitan museos y galerías. El resultado nos haría ver si los visitantes habituales encontrarían interesante complementar estos recursos novedosos con sus visitas habituales a museos físicos, y si los visitantes no habituales o potenciales disfrutarían aprendiendo con estos nuevos recursos tecnológicos e incluso les animaría a visitar los museos físicamente, una vez vistos los modelos en 3D desde sus casas.

Personalmente me interesó mucho la idea, así es que decidí tomar como muestra dos grupos de 12 individuos cada uno. Decidí que fueran 12 en cada grupo y no más, ya que, al ser grupos tan específicos y los individuos en cada grupo de tan similares características, el resultado final no variaría.

El Grupo I, al cual llamaremos “Usuarios” está compuesto de individuos expertos de entre 20-50 años, los cuales visitan museos y galerías regularmente pero que, además, han obtenido educación universitaria relacionada con las Bellas Artes o la Historia del Arte. Todos ellos residen en Londres, la capital del Reino Unido, y trabajan en una galería de arte. Según la revista “Time Out”<sup>31</sup> Londres alberga más de 170 museos, siendo siempre sus colecciones gratuitas. El arte y la cultura es por tanto muy accesible para toda la muestra. Pero, además, por trabajar en una galería de arte, todas sus visitas a museos del Reino Unido, incluyendo exposiciones temporales de pago, son para ellos gratuitas.

---

<sup>31</sup> Time Out: Time Out Group es una empresa global de media y ocio que inspira y recomienda a la gente explorar lo mejor de ciertas ciudades.

El Grupo II, al cual llamaremos "No usuarios", está compuesto por individuos de entre 30-80 años, los cuales no visitan galerías o museos regularmente. Su interés por el arte y la cultura es medio/bajo y su nivel educativo medio o básico, en su mayoría. Esta muestra vive en Aoiz, un pueblo a 28km de Pamplona, la capital de Navarra, localizada en el norte de España. El acceso a museos para ellos es muy restringido dado que la oferta en el pueblo es nula y en Pamplona es también reducida. Pamplona cuenta en la actualidad con 12 museos, a los cuales la visita cuesta entre 2 y 10 euros, dependiendo de la exposición que se vaya a visitar.

A los 24 participantes, se les ha enviado exactamente la misma encuesta de 10 preguntas por correo electrónico. Para responder a las preguntas de la encuesta, todos ellos han tenido que abrir 3 enlaces que el email contiene, vinculándoles a observar 3 imágenes en 3D, que se pueden girar a 360°, en la plataforma online Sketchfab. Las imágenes corresponden al "Coliseo" de Roma, la "Piedra de Rosetta" del Museo Británico de Londres y una Crátera ática del Museo Arqueológico Nacional de España.



#### 4.1- Comparativa de la encuesta y análisis de datos obtenidos

**Pregunta 1- ¿Es ésta la primera vez que observa un objeto relacionado con el arte en 3D?** Con esta pregunta se pretende evaluar el conocimiento previo general que los encuestados tienen sobre la materia. Los resultados señalarán si los encuestados han estado o no, expuestos a este tipo de tecnología con anterioridad

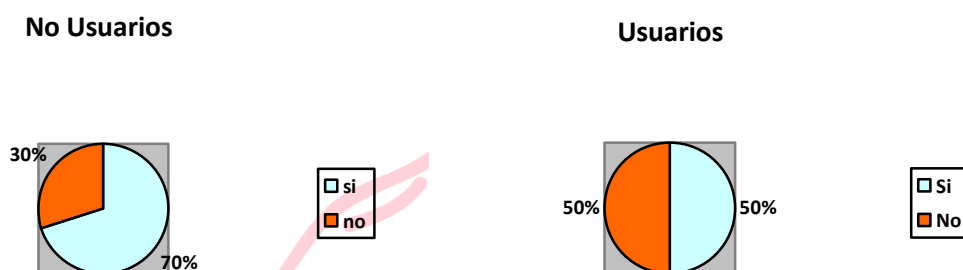


Gráfico 1. Pregunta 1. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia

Para el 70% de los No usuarios esta ha sido la primera vez que observan modelos en 3D relacionadas con el mundo del arte. Tan solo el 30% de este grupo ha utilizado esta tecnología para la visualización de arte anteriormente. El resultado es prácticamente el esperado, teniendo en cuenta que este grupo no visita museos habitualmente, ni son aficionados del arte.

El 50% de los Usuarios había contemplado piezas de colecciones de museos en 3D en el pasado, mientras que el otro 50% no lo había hecho. Los Usuarios, al frecuentar museos y galerías, y haber estudiado Arte, han tenido más oportunidades de encontrárselos por medio de diferentes canales, los cuales descubriremos en la Pregunta 2.

**Pregunta 2- Si esta vez no ha sido la primera, ¿Dónde ha observado objetos similares anteriormente?** Con esta pregunta se pretenden averiguar los canales más utilizados por los museos para la divulgación cultural en 3D y cómo de bien funcionan.

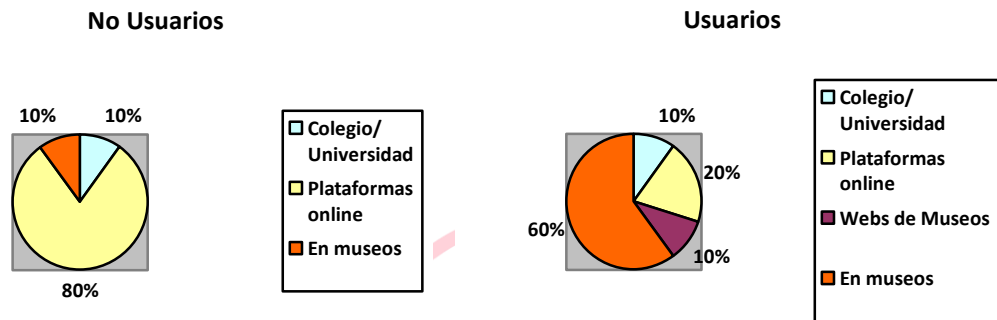


Gráfico 2. Pregunta 2. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia

Se comprueba como de los No usuarios que ya habían visto arte en 3D, el 70% lo ha visto en las redes, mientras que solamente el 10% los ha visto mientras cursaban sus estudios o en visitas a museos.

El 60% de los Usuarios de museos han visto modelos 3D o realidad virtual en los propios museos. El 20% de éstos, los ha visto en plataformas online y tan solo el 10% de los mismos, en colegios o universidades y en las Web de los museos.

Con estos resultados en mente, propondremos posteriormente el incremento del uso de estos recursos en el sistema educativo, ya que incluso los Usuarios, en su mayoría Graduados en carreras de Arte, no utilizaron estos recursos en las aulas, sino recursos en 2D mucho menos detallados e interactivos.



**Pregunta 3- En la escala 0-10 ¿Cuánto le ha gustado la vista de estos objetos en 3D?** Con esta pregunta se pretende medir el disfrute de la experiencia vivida por los encuestados al ver objetos de carácter artístico y cultural en 3D desde el confort de sus hogares por medio de un ordenador o dispositivo móvil.

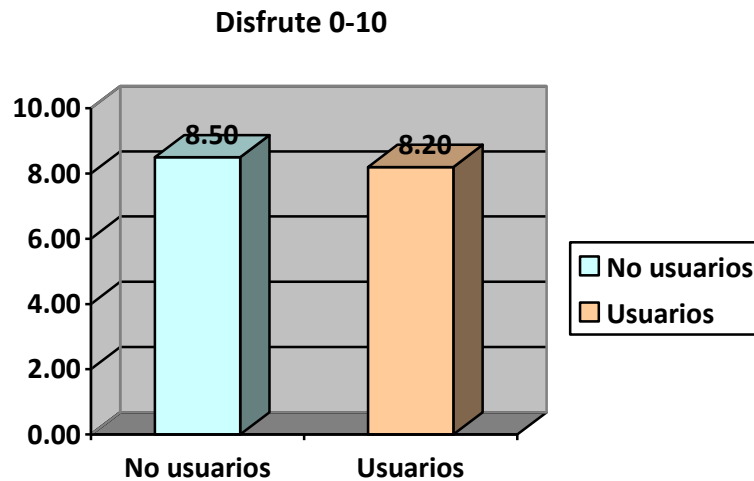


Gráfico 3. Pregunta 3. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia

A pesar de no ser expertos en la materia, los No Usuarios parecen haber disfrutado observando los 3 modelos en 3D incluso más que los Usuarios de museos.

Esta respuesta es sorprendente y muy prometedora ya que parece despertar el interés por el arte a un sector de la población que, en principio, no está demasiado interesado. Esta respuesta sugiere que mediante la tecnología y la interacción se puede crear un mayor interés en aprender.

#### Pregunta 4- ¿Qué ha sido lo que más ha disfrutado de la experiencia?

Con esta pregunta se pretende analizar qué es lo que más valoran los encuestados de la experiencia. Con los resultados compararemos lo que valoran como positivo los “Usuarios”, los cuales ya ven mucho arte en vivo en sus visitas regulares a museos, en comparación con los “No Usuarios”.

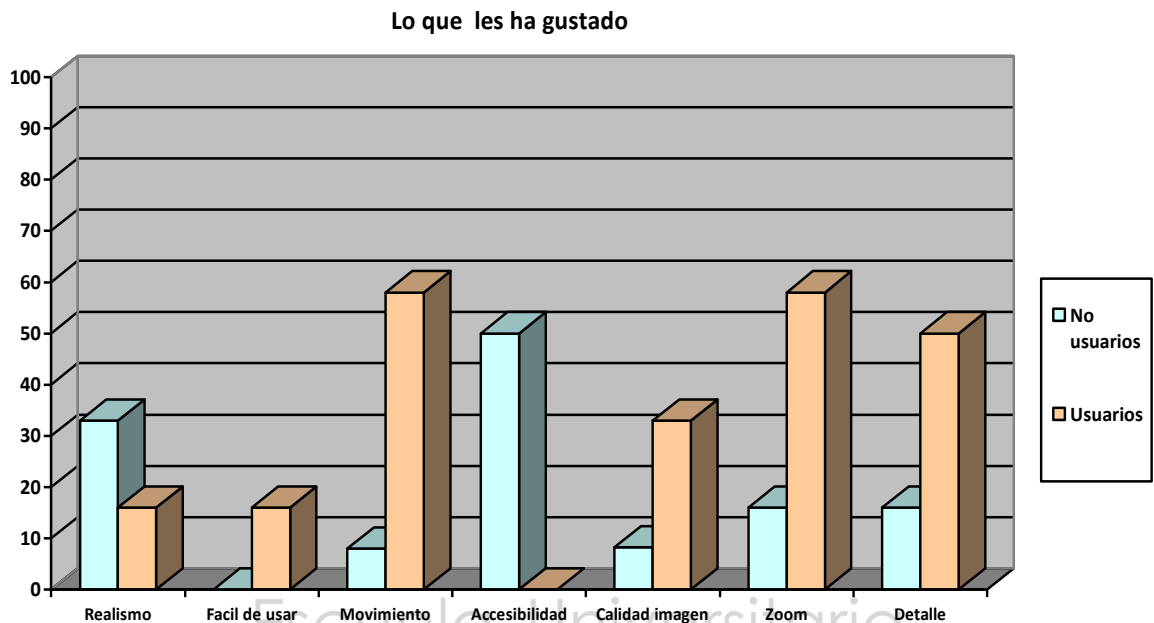


Gráfico 4. Pregunta 4. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia

Obviamente, los No Usuarios valoran lo que más, el hecho de poder acceder a estos recursos sin necesidad de tener que visitar los museos físicamente, ya que se encuentran lejos de ellos. El realismo, detalle y el poder acercar los objetos es lo que más les ha llamado la atención también.

Por el contrario, los Usuarios, casi no mencionan o valorar la accesibilidad que observar objetos en 3D les brinda. Esto es seguramente debido a que tienen el privilegio de verlo en persona cuando ellos quieran con lo cual no valoran este factor y posiblemente piensan que ver el original siempre es mejor, sin quizá empatizar o pensar que otros no tienen acceso fácil a museos físicamente.

Valoran sin embargo el movimiento, el poder ampliar la imagen y el detalle y la calidad de ésta. Esto puede ser debido a que cuando se está observando un objeto real en un museo, la visión de ciertos ángulos está limitada por como estén colocados en vitrinas o cuanta gen-

te haya alrededor impidiendo una vista completa. Para ellos, expertos en arte, poder ver y analizar estos objetos en más detalle que incluso en los museos, es lo más interesante.



**Pregunta 5- ¿Le ha generado esta experiencia suficiente interés como para buscar más ejemplos como este en otra ocasión por su propia iniciativa?**

Con esta pregunta se pretende saber si, tras esta visualización, los entrevistados, harán uso de esta herramienta. La respuesta nos aproximará a la conclusión de este estudio, ya que, si la respuesta es sí, la fotogrametría será una herramienta útil para promocionar los museos.

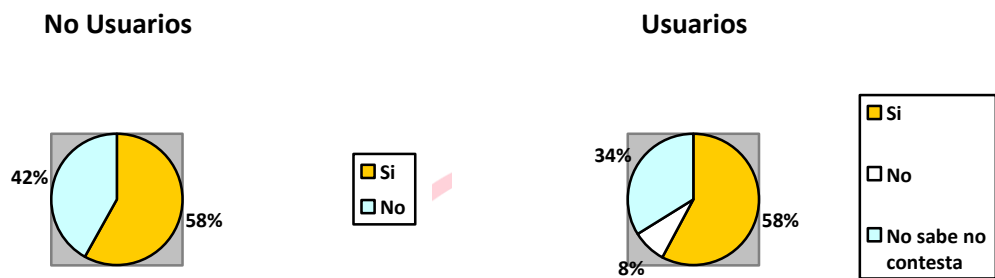


Gráfico 5. Pregunta 5. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia

Más de la mitad de los encuestados, en ambos grupos, responde positivamente a esta crucial pregunta, con lo cual podemos afirmar que mediante la fotogrametría se puede promocionar museos y generar interés en aprender del arte y de nuestra historia.

**Pregunta 6- ¿En qué escenarios cree que usaría personalmente esta herramienta?** Con esta pregunta se quiere averiguar en qué escenarios piensan los encuestados volver a utilizar herramientas 3D para visualizar arte. Queremos indagar más sobre medios en los que la industria de los museos podría promocionarse, mediante la exposición de sus obras en 3D.

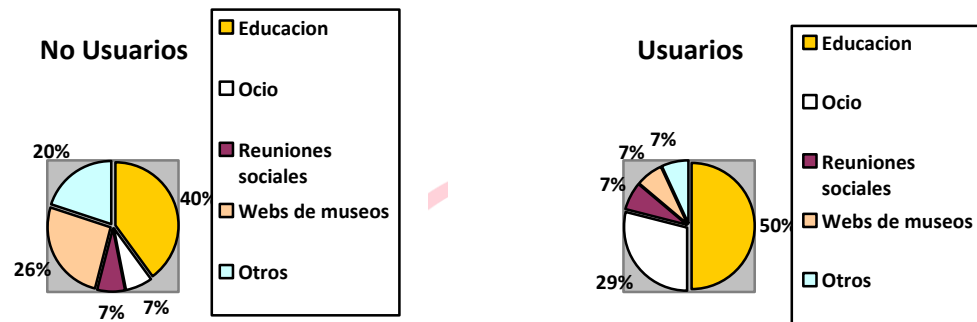


Gráfico 6. Pregunta 6. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia

Los No Usuarios claramente se declinan por incluir esta tecnología en las aulas (40%) y web de los museos (26%) pero también mencionan reuniones sociales, en las cuales incluimos la promulgación en redes sociales.

Los Usuarios de museos (50%) por su parte están de acuerdo en que las aulas serían los lugares donde ellos más utilizarían esta tecnología, seguido de momentos de ocio (29%), ya que, al ser expertos en el mundo del arte, esto pasa a ser parte de sus hobbies y los utilizarían para entretenerse aprendiendo. En segundo plano mencionan las reuniones sociales y las páginas web de los museos (7% respectivamente).

**Pregunta 7- ¿Qué otros usos crees que se le puede dar, aunque quizá usted no se los diese?** Con esta pregunta se pretende cubrir todos los escenarios en los que entrevistados piensan que el arte virtualizado en 3D se pueda utilizar, no solo los escenarios en los que ellos, los encuestados personalmente, lo utilizarían. De esta manera se les permite pensar más generalizadamente, no solo en su contexto personal. La respuesta puede ayudar a generar ideas a la hora de proponer acciones en la conclusión.

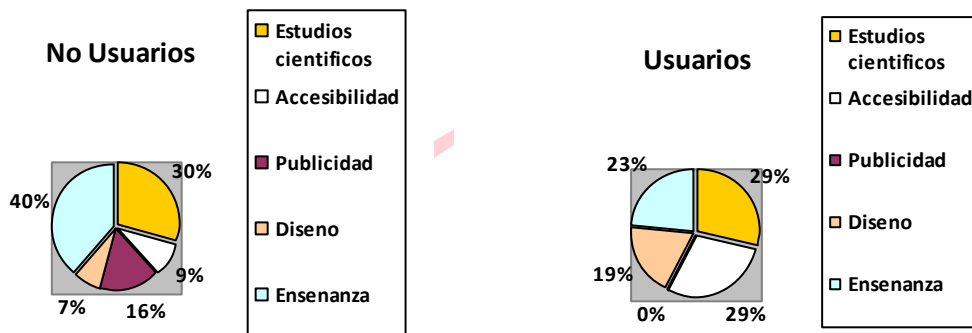


Gráfico 7. Pregunta 7. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia

Ambos grupos mencionan la enseñanza en general y los estudios científicos como los que se beneficiarían de la fotogrametría aplicada para crear imágenes en 3D y estudiarlas sin tener que desplazarse al museo donde se encuentre la pieza, ni tener que manipularla corriendo el riesgo de dañarla.

Los Usuarios creen que la técnica puede ser muy útil para el diseño y la accesibilidad, mientras que los No Usuarios mencionan la Publicidad (en particular que el museo se publicite mediante la difusión de sus obras en 3D) y en menos grado la accesibilidad y el diseño.

### Pregunta 8- ¿Pagaría por ver una exposición, edificio, monumento, etc.... de esta manera?

Con esta pregunta se quiere ver si los museos podrían cobrar una cantidad de dinero por permitir a sus visitantes (presenciales o virtuales), ver sus obras o exposiciones a través de diferentes canales. Esto podría cubrir los costes de virtualización y mantenimiento de la colección o ayudaría a financiar la institución.

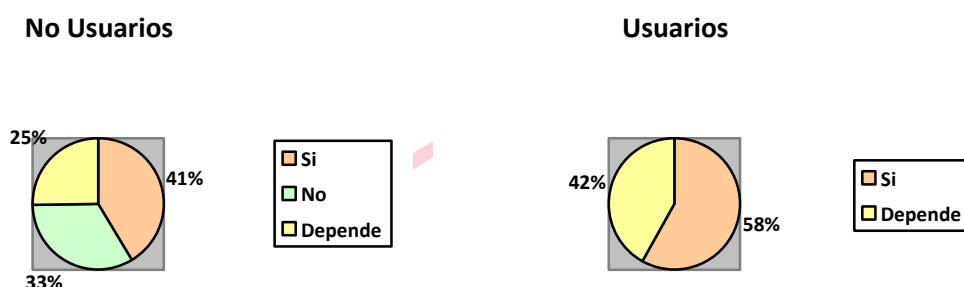


Gráfico 8. Pregunta 8. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia

Mientras que la mayoría de los Usuarios estaría dispuesta a pagar por ver réplicas de obras digitalizadas (58%) los demás (42%) solo pagarían dependiendo del contenido y el tipo de exposición que fuese. También este 42% comenta que estarían dispuestos a pagar más por ver una exposición en un museo en la que se incluyese por ejemplo una sala de realidad virtual, realizada con técnicas fotogramétricas. Mencionan como ejemplo la exposición de Modigliani que albergó la galería Tate Modern de Londres en 2017, en la cual había una sala de realidad virtual recreando el estudio del artista en París.

De los No Usuarios, el 41% estaría dispuesto a pagar, mientras que el 25% dice que depende de la exposición. Un 33% sin embargo no cree que fuese justo tener que pagar por ver arte digital en 3D desde un ordenador.

Los resultados en principio son positivos, siempre y cuando el contenido de lo que se vaya a exponer sea de interés general y de calidad. Mencionan como además de los modelos en 3D es imperativo que estos vengán acompañados de material interpretativo e información sobre el contexto histórico, materiales, etc.

**Pregunta 9- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por ver una exposición de esta manera? (en % sobre el valor de una entrada convencional).**

Con esta pregunta lo que realmente se va a descubrir es si definitivamente, tanto a usuarios como a no usuarios les ha generado interés observar el arte virtualizado en 3D y cuánto, en comparación con la visita a una colección o exposición en un museo.

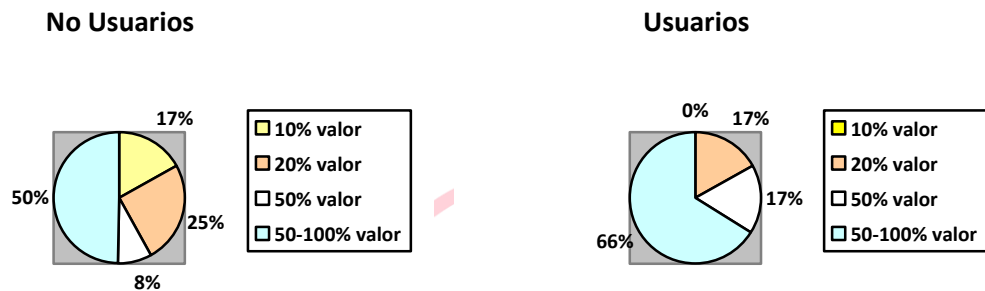


Gráfico 9. Pregunta 9. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia

Vemos como los dos grupos, aunque especialmente los Usuarios con un 66%, de los encuestados dispuestos a pagar, estaría de acuerdo en abonar entre un 50 y un 100% del valor de la entrada a la exposición física por ver una exposición en 3D de su interés, si no fuese posible acudir físicamente al museo.

Estos datos son muy optimistas y esperanzadores y abrirían puertas para que los departamentos digitales de los museos y galerías de arte crearan más tours virtuales de exposiciones permanentes o temporales, sin tener que preocuparse de los altos costes de producción y mantenimiento, ya que los propios visitantes virtuales pagarían por estos tours de objetos en 3D y los ingresos generados costearían esos gastos.



**Pregunta 10 - Otros comentarios.**

Para finalizar, se ofrece la posibilidad a los encuestados de añadir comentarios que deseen y que en las preguntas anteriores no se han mencionado. Estos comentarios, ideas o sugerencias ayudaran al entrevistador a elaborar la conclusión de este Trabajo Fin de Grado.

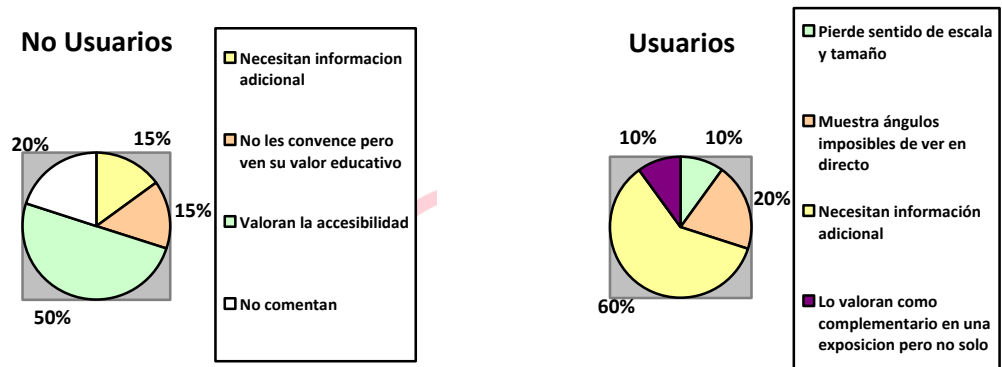


Gráfico 10. Pregunta 10. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia

Los comentarios de los No Usuarios predominan con el 50% en el tema de accesibilidad, debido a que esta es su mayor carencia. Algunos entrevistados mencionan que por su edad ya no pueden viajar como antes con lo cual esta herramienta es muy útil para acceder al contenido desde casa. El 15% también dice que necesita información adicional cuando están observando una obra en 3D como la que se ha visualizado en Scketchfab y el otro 15% dice que, aunque les ha gustado, esta tecnología no les conviene del todo, pero que entienden su valor educativo.

Los comentarios de los Usuarios de museos van encaminados con un 60% a la falta de información adicional sobre los modelos de Sketchfab. Un 20% menciona como nota muy positiva el hecho de que mediante la observación de modelos 3D se pueden ver todos los ángulos imposibles de ver en directo. Un 10% critica la pérdida de escala y tamaño de la observación de los modelos en 3D de esta encuesta y el otro 10% dice que valoran estos recursos como complemento en una exposición física en los museos, pero no por sí solos.

## **5- CONCLUSIONES Y PROPUESTAS/RECOMENDACIONES**

Con este Trabajo Fin de Grado se dan por concluidos los estudios de Grado en Turismo. En este trabajo se ha estudiado a fondo la aplicación de la fotogrametría como herramienta para la promoción de museos.

Incluso habiendo trabajado en museos del Reino Unido los últimos doce años, la autora poseía gran desconocimiento sobre el tema cuando éste se le fue asignado. Por lo tanto, llegar a esta conclusión ha sido un largo proceso de investigación de varios meses.

Se ha comprobado en el proceso de investigación, que la información sobre la aplicación de la fotogrametría, sobre todo en el patrimonio cultural y los museos, es muy reducida todavía y nos encontramos en un momento prematuro de la expansión de la técnica, a pesar de que se ha conseguido aplicar de manera fácil, económica y con resultados perfectos.

La autora ha encontrado excesiva información sobre la fotogrametría aplicada en otras industrias sobre todo en cartografía, pero no tanto en la industria del turismo y los museos, al haberse empezado a aplicar en esta industria solo recientemente, con el desarrollo de los ordenadores en los últimos 20 años.

La conclusión que la autora saca de todo el estudio es que la digitalización del patrimonio en general se ha desarrollado mucho en los últimos años, pero se tiende a exponer solamente fotografías, en dos dimensiones, en las que la fotogrametría no tiene lugar. Tan solo algunas plataformas online especializadas reproducen piezas de museos en 3D de calidad, pero estas no son difundidas a las masas, sino más bien a nivel de expertos. A pesar de que algunos museos ya exponen en sus páginas webs tours virtuales, creados por medio de la fotogrametría, la calidad de éstos todavía no es tan buena como por ejemplo la calidad que se encuentra en páginas especializadas en modelos 3D como Sketchfab.

La recomendación que se haría, basados en los resultados de la encuesta realizada en este trabajo sobre esta observación, sería que los museos deberían proporcionar herramientas tridimensionales a los colegios y universidades para que los alumnos puedan aprender con esta técnica. Deberían proporcionar recursos para que los docentes puedan utilizar para enseñar a sus alumnos y así despertar su interés por visitar esos museos o por lo menos saber que existen y que en sus páginas web se pueden ver sus obras tridimensionales y tours virtuales.

Además, podría ser de gran beneficio organizar visitas escolares a museos donde los departamentos de educación de los propios museos organizaran tours interactivos en los que los estudiantes podrían tocar las réplicas impresas en 3D. Estos tours estarían igualmente indicados para organizaciones de invidentes. Los museos deberían organizar estas visitas y así las personas con discapacidades visuales podrían tomar tours táctiles y disfrutar del arte de manera accesible.

Sin duda alguna, la parte que más interés ha despertado a la autora sobre este proyecto ha sido la gran ayuda que la aplicación de la técnica de la fotogrametría por parte de los museos supone para la difusión del patrimonio. Esto, define la tasa de culturización de los países por medio de la educación que estos proveen a sus habitantes, por lo tanto, corresponde al Estado y más en particular a los museos, el divulgar la cultura y sus colecciones online, no solo por medio de fotografías sino también en 3D y mediante tours virtuales para despertar el interés popular de aprender sobre nuestra historia de manera divertida y animada. Como se ha podido comprobar con la encuesta más del 50% de la población, tanto usuarios, como no usuarios de museos, nunca han visto un modelo de una pieza de museo o edificio de interés cultural en 3D, con lo cual se deduce que queda mucho por hacer todavía.

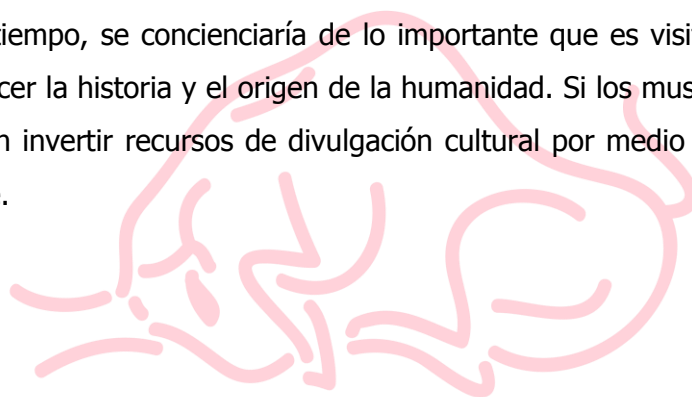
Otra propuesta es que los museos deberían compartir estas imágenes en sus redes sociales, ya que es el medio más rápido y eficaz hoy día de atraer la atención de las masas. El que vea estas imágenes, se interesará por el objeto e investigará sobre él posiblemente queriendo visitar el objeto en vivo algún día. Se ha podido comprobar como el Museo Arqueológico Nacional de España, publica de vez en cuando sus obras en 3D en su página de Instagram, sin embargo, es el único realmente de su categoría en España o incluso Europa, que lo hace.

La autora ha llegado a la conclusión de que, basándose por ejemplo en el caso del tour de realidad virtual del Museo Arqueológico Nacional, "Vivir el pasado", que solamente se llevó a cabo 2 años, todavía los museos presentan un cierto escepticismo a la fusión de sus obras y exposiciones con la tecnología. Algunos posiblemente temen que los museos sean menos visitados, si se pueden acceder desde casa por medio de un ordenador, otros quizá piensen que mantener estos recursos extra es costoso para instituciones, que, como los museos de España, no generan ganancias. Lo que se propone, basándonos en las respuestas de nuestra encuesta es que los museos pongan a la disposición de sus visitantes virtuales, tours o exposiciones virtuales de pago. De acuerdo con nuestros encuestados éstos no pueden costar lo mismo que la entrada convencional del museo, pero si pudiese ser un porcentaje de ella. Mas del 50% de todos los encuestados en este proyecto estarían dispuestos a pagar si lo que

se ofrece provee de información adicional y es de calidad. De esta manera los museos no tendrían que pensar en financiar este recurso ya que se financiaría solo.

También podría / sería recomendable que los museos, con la ayuda económica del Ministerio de Cultura, crearan campañas publicitarias en las que se mostrasen objetos en 3D o tours virtuales para llamar la atención de todos los usuarios, no solo los ya interesados en arte. Estos anuncios podrían ser televisivos o en línea por medio de pop ups, etc.

Para terminar, la solución que se recomienda basada en la experiencia propia, en este estudio, y en los problemas que las recomendaciones anteriores puedan presentar, es que los Gobiernos, inviertan más dinero público en los museos, de manera prioritaria, considerándolos parte del sistema educativo y no en instituciones secundarias de ocio. De esta manera la sociedad, con el tiempo, se concienciaría de lo importante que es visitar museos y galerías de arte para conocer la historia y el origen de la humanidad. Si los museos tuviesen recursos suficientes podrían invertir recursos de divulgación cultural por medio de la fotogrametría y así promocionarse.



Escuela Universitaria  
de **T u r i s m o**

---

**ALTAMIRA**

## 6- BIBLIOGRAFÍA

Roca, R. (2017) *Knowmads, los trabajadores del futuro*. Lid.  
ISBN 9788483561089



## 7- WEBGRAFÍA

Anuario de estadísticas culturales 2018. Disponible en:

<https://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:eb5b8140-e039-42ab-8e24-500fddc5b2a4/anuario-de-estadisticas-culturales-2018.pdf>

(Consulta realizada el 10 de noviembre de 2019)

Arte TV. La Cadena cultural europea. Disponible en:

<https://www.arte.tv/es/videos/084799-003-A/la-fotogrametria-y-la-preservacion-de-sitios-historicos/>

(Consulta realizada el 11 de noviembre de 2019)

Blog de Néstor F. Marqués sobre la virtualización del Patrimonio. Disponible en:

<http://nestormarques.com/blog/>

(Consulta realizada el 20 de abril de 2019)

Centro De Documentación Digital e Investigación del Camino de Santiago. Disponible en:

<http://cdjacobeo.org/digitalizacion-de-la-cultura/>

(Consulta realizada el 11 de noviembre de 2019)

CERES. Red Digital de Colecciones de Museos de España. Disponible en:

<http://ceres.mcu.es/pages/SimpleSearch?index=true>

(Consulta realizada el 12/11/2019)

Diario el Mundo. Disponible en:

<https://www.elmundo.es/economia/2015/10/15/5616a30246163ff3518b4637.html>

(Consulta realizada el 10 de noviembre de 2019)

Diario El País. Disponible en:

[https://elpais.com/cultura/2011/05/18/actualidad/1305669606\\_850215.html](https://elpais.com/cultura/2011/05/18/actualidad/1305669606_850215.html)

(Consulta realizada el 10 de noviembre de 2019)Diario

El Español. Disponible en:

[https://www.elespanol.com/cultura/arte/20170902/243725787\\_0.html](https://www.elespanol.com/cultura/arte/20170902/243725787_0.html)

(Consulta realizada el 12 de noviembre de 2019)

El Imparcial.es. YouTube. Video "La realidad virtual llega al Museo Arqueológico Nacional"  
Disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=1oTSLZhJmzg>

(Consulta realizada el 12 de noviembre de 2019)

Europeana Collections. Disponible en:

<https://www.europeana.eu/portal/es/collections/archaeology?f%5BMEDIA%5D%5B%5D=true&f%5BTYPE%5D%5B%5D=3D>

(Consulta realizada el 12 de noviembre de 2019)

EVE. Museos e Innovación. Disponible en:

<https://evemuseografia.com/2017/01/11/museos-y-su-impacto-en-el-turismo/>

(Consulta realizada el 10 de noviembre de 2019)

Fundación Factum Arte. Disponible en:

<http://www.factum-arte.com/pag/706/Digitalizaci%C3%83%C2%B3n-en-3D-para-conservaci%C3%83%C2%B3n-del-patrimonio-cultural>

(Consulta realizada el 5 de mayo de 2019)

Global Mediterránea- Global Geomática. Empresa especializada en Topografía y Cartografía. Disponible en:

<https://www.globalmediterranea.es/fotogrametria-evolucion-uso/>

(Consulta realizada el 7 de noviembre de 2019)

Guía Repsol. Guía turística española. Disponible en:

<https://www.guiarepsol.com/es/viajar/top-de-turismo/los-10-mejores-museos-de-espana/>

(Consulta realizada el 10 de noviembre de 2019)

Hispania. Acceso en línea al patrimonio cultural. Disponible en:

<https://hispana.mcu.es/es/contenido/presentacion.do>

(Consulta realizada el 12 de noviembre de 2019)

Hosteltur. Noticias de Turismo para profesionales. Disponible en:

[https://www.hosteltur.com/128392\\_espana-paises-recursos-liderar-turismo-cultural.html](https://www.hosteltur.com/128392_espana-paises-recursos-liderar-turismo-cultural.html)

(Consulta realizada el 10 de noviembre de 2019)

Infoguia.com. Páginas amarillas de Internet. Disponible en:

<https://infoguia.com/infotip.asp?t=la-importancia-de-visitar-museos&a=412>

(Consulta realizada el 2 de mayo de 2019)



La Cope. Cadena de Ondas populares españolas. Disponible en:

[https://www.cope.es/actualidad/cultura/noticias/los-museos-mas-visitados-espana-20180517\\_216109](https://www.cope.es/actualidad/cultura/noticias/los-museos-mas-visitados-espana-20180517_216109)

(Consulta realizada el 10 de noviembre de 2019)

Mookan. Empresa de modelos interactivos y realidad virtual. Disponible en:

<http://mookan.gagogarcia.com/>

(Consulta realizada el 15 de noviembre de 2019)

Museo Nacional de Antropología de España. Disponible en:

<http://www.culturaydeporte.gob.es/mnantropologia/visita/exposicion-permanente/visita-virtual.html>

(Consulta realizada el 14 de noviembre de 2019)

Muy Interesante. Revista. Disponible en:

<https://www.muyinteresante.es/cultura/fotos/los-museos-mas-importantes-del-mundo/1>

(Consulta realizada el 10 de noviembre de 2019)

Portal de la UNESCO. Disponible en:

[http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL\\_ID=17721&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=17721&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)

(Consulta realizada el 11 de noviembre de 2019)

RTVE Noticias. Disponible en:

<http://www.rtve.es/noticias/20170508/moviles-realidad-virtual-reinventan-visitas-museo-arqueologico-nacional-su-150-aniversario/1541321.shtml>

(Consulta realizada el 15 de noviembre de 2019)

Unesco. Indicadores Unesco de cultura para el desarrollo. Disponible en:

<https://es.unesco.org/creativity/sites/creativity/files/digital-library/cdis/Patrimonio.pdf>

(Consulta realizada el 11 de noviembre de 2019)

VERTUALL. Empresa de fotografía 360 y visitas virtuales. Disponible en:

<https://vertuall.es/blog/visitas-virtuales-a-museos-de-espana/>

(Consulta realizada el 14 de noviembre de 2019)

Visita Virtual Museo Sorolla. Disponible en:

<http://livingmadrid.es/wp-content/uploads/my-pano/MuseoSorolla.html>

(Consulta realizada el 14 de noviembre de 2019)

4Dmetric. Empresa de nuevas tecnologías de Valencia. Disponible en:

<http://www.4dmetric.com/fotogrametria-aerea-y-fotogrametria-terrestre/>

(Consulta 7 de noviembre de 2019)

Escuela Universitaria  
de Turismo  

---

ALTAMIRA

## 8-ANEXOS

### 8.1- Anexo 1. Encuesta

**1- ¿Es ésta la primera vez que observa un objeto relacionado con el arte en 3D?**

- ☐ Si
- ☐ No

**2- Si esta vez no ha sido la primera, ¿Dónde ha observado objetos similares anteriormente?**

- ☐ Colegio/ Universidad
- ☐ Plataformas online
- ☐ Páginas web de Museos
- ☐ Museos

**3- En la escala 0-10 ¿Cuánto le ha gustado la vista de estos objetos en 3D?**

**4- ¿Qué ha sido lo que más ha disfrutado de la experiencia?**

- ☐ Realismo
- ☐ Fácil de usar
- ☐ Movimiento
- ☐ Accesibilidad
- ☐ Calidad de imagen
- ☐ Zoom
- ☐ Detalle

**5- ¿Le ha generado esta experiencia suficiente interés como para buscar más ejemplos como este en otra ocasión por su propia iniciativa?**

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ NS/NC

6- ¿En qué escenarios cree que usaría personalmente esta herramienta?

- Educación
- Ocio
- Reuniones sociales
- Web de museos
- Otros

7- ¿Qué otros usos crees que se le puede dar, aunque quizá usted no se los diese?

- Estudios científicos
- Accesibilidad
- Publicidad
- Diseño
- Enseñanza

8- ¿Pagaría por ver una exposición, edificio, monumento, etc.... de esta manera?

- Si
- No
- Depende

9- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por ver una exposición de esta manera? (en % sobre el valor de una entrada convencional)

- 10%
- 20%
- 50%
- Entre 51 y 100%
- NS/ NC

10- Comentarios

## 8.2- Anexo 2. Imágenes y gráficos.

Ilustración 1- - La Fotogrametría por medio de drones se utiliza en Cartografía. _____	8
Ilustración 2- Medidas tomadas en un proyecto de Arquitectura utilizando la Fotogrametría. _____	8
Ilustración 3- De Izquierda a derecha, proceso elaboración modelo 3D fotogramétrico. _____	17
Ilustración 4- Pagina Web oficial del CER.ES. _____	20
Ilustración 5- Primera moneda de Segovia en 3D, creada por Néstor F. Marqués Arqueólogo, especialista en tecnología aplicada al patrimonio _____	21
Ilustración 6- Castillo de Loarre (Huesca) en 3D. _____	21
Ilustración 7- Vista de la página web del Tour virtual del MAN. _____	24
Ilustración 8- Momento en “Vivir el pasado” Tour de Realidad Virtual del MAN. _____	25
Gráfico 1. Pregunta 1. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia _____	29
Gráfico 2. Pregunta 2. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia _____	30
Gráfico 3. Pregunta 3. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia _____	31
Gráfico 4. Pregunta 4. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia _____	32
Gráfico 5. Pregunta 5. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia _____	34
Gráfico 6. Pregunta 6. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia _____	35
Gráfico 7. Pregunta 7. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia _____	36
Gráfico 8. Pregunta 8. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia _____	37
Gráfico 9. Pregunta 9. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia _____	38
Gráfico 10. Pregunta 10. Encuesta Fotogrametría. Elaboración propia _____	39